

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-166513

(43)Date of publication of application : 02.07.1993

(51)Int.Cl.

H01M 4/88  
H01M 4/96

(21)Application number : 03-353383

(71)Applicant : OSAKA GAS CO LTD

(22)Date of filing : 16.12.1991

(72)Inventor : KAKAZU TAKANORI

## (54) FUEL CELL ELECTRODE BASE PLATE AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a fuel cell electrode base plate excellent in gas permeability, electrical conductivity, mechanical strength, and phosphoric acid liquid resistance, and possessing high power generation efficiency.

CONSTITUTION: With 100 parts by weight of optical anisotropic porous carbon fine granulated active carbon, 20-500 parts by weight of binding agent capable of being carbonized or graphitized and 0-500 parts by weight of carbon fiber or fiber capable of being carbon fiber are mixed so as to be compressing formed, thereafter carbonizing or graphitizing processing is performed. Thereby fuel cell electrode base is obtained. Activated and graphitized mesocarbon microbeads are used as the active carbon. Pitch fiber can be used as the carbon fiber, and thermosetting resin, particularly phenol resin or the like can be used as the binding agent.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-166513

(43)公開日 平成5年(1993)7月2日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 M 4/88  
4/96

識別記号

T  
B

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数6(全 6 頁)

(21)出願番号

特願平3-353383

(22)出願日

平成3年(1991)12月16日

(71)出願人 000000284

大阪瓦斯株式会社

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

(72)発明者 嘉数 隆敬

大阪市中央区平野町四丁目1番2号 大阪  
瓦斯株式会社内

(74)代理人 弁理士 鎌田 充生

(54)【発明の名称】 燃料電池用電極基板及びその製造法

(57)【要約】

【目的】 ガス透過性、電気伝導性、機械的強度および耐リン酸液性に優れ、発電効率の高い燃料電池用電極基板を得る。

【構成】 光学的異方性多孔質炭素微小粒状活性炭100重量部に対して、炭化又は黒鉛化可能な結合剤20～500重量部、及び炭素繊維又は炭素繊維化可能な繊維0～500重量部を混合し、圧縮成形した後、炭化又は黒鉛化処理することにより、燃料電池用電極基板が得られる。前記活性炭として、賦活し、かつ黒鉛化したメソカーボンマイクロビーズを用いる。炭素繊維としてピッチ系繊維などが使用でき、結合剤として熱硬化性樹脂、特にフェノール樹脂などが使用できる。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性炭と、炭化又は黒鉛化可能な結合剤との混合物が、圧縮成形され、かつ炭化又は黒鉛化処理された基板であって、前記活性炭が光学的異方性多孔質炭素微小粒状活性炭からなる燃料電池用電極基板。

【請求項2】 光学的異方性多孔質炭素微小粒状活性炭60～90重量%、炭化又は黒鉛化した結合剤10～40重量%で構成されている請求項1記載の燃料電池用電極基板。

【請求項3】 炭素繊維を含有する請求項1記載の燃料電池用電極基板。

【請求項4】 光学的異方性多孔質炭素微小粒状活性炭10～50重量%、炭化又は黒鉛化した結合剤5～30重量%、炭素繊維30～60重量%で構成されている請求項3記載の燃料電池用電極基板。

【請求項5】 光学的異方性多孔質炭素微小粒状活性炭が、賦活したメソカーボンマイクロビーズである請求項1記載の燃料電池用電極基板。

【請求項6】 光学的異方性多孔質炭素微小粒状活性炭100重量部に対して、炭化又は黒鉛化可能な結合剤20～500重量部、及び炭素繊維又は炭素繊維化可能な繊維0～500重量部を混合し、圧縮成形した後、炭化又は黒鉛化処理する燃料電池用電極基板の製造法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、リン酸型燃料電池などの電極板として有用な燃料電池用電極基板及びその製造法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 燃料電池は、他の発電装置と異なり、SOx、NOx及び粉塵などの公害物質の発生が極めて少なく、騒音発生源も少ないなどの特徴を有している。このような燃料電池のうちリン酸型燃料電池は、リン酸などの電解液を保持した電解槽の両側に白金触媒などを担持した多孔質の陰極及び陽極を配置した単位セルを、セパレータで介して多数積層したものである。前記陰極および陽極には、電気エネルギーへの変換効率を高めるため、比表面積及び細孔容積が大きくなり、ガス透過性が高いことが要求される。さらに、電気伝導性、熱伝導性、機械的強度および作動温度における耐リン酸液性などが要求される。

【0003】 従来、燃料電池用の多孔質の電極を得る方法として、比表面積の大きな粉末状物質上に貴金属触媒を分散担持させる種々方法が提案されている。

【0004】 例えば、特公昭58-141155号公報には、ニッケル板基板上に触媒を担持させる電極板が開示され、特公昭43-14602号公報には、活性炭粉末上に触媒を担持させた燃料電極が開示されている。また、特公昭43-14602号公報では、炭素繊維や炭素フェルトを電極基板として用いている。さらに、特公昭

58-16598号公報には、活性炭素繊維上に触媒を直接担持した電極が提案されている。

【0005】 しかし、触媒を担持した活性炭粉末は、比表面積が大きいものの、結晶構造が無定形であるために、黒鉛やカーボンブラック等の結晶性炭素粉末に比べて電気伝導度が低く、酸に侵されやすい。また、奥行きのある深いマイクロビーズが多数発達しているため、その中に取込まれた触媒金属粒子の活性が十分に発揮され難く、発電効率が低い。

【0006】 また、従来提案されている炭素繊維を用いた均質単層の電極基板は、ガス拡散係数及び限界電流密度が小さい。また、高密度が一般的に小さいため、電気抵抗、熱抵抗が大きくなり、曲げ強度などの機械強度が低い。

【0007】 一方、特開昭62-252308号公報、特開昭62-260709号公報、特開昭62-270412号公報及び特開昭63-64963号公報には、メソカーボンマイクロビーズの燃料電池への応用について記載されている。しかし、これらの先行文献には、メソカーボンマイクロビーズの黒鉛化物とガラス状炭素質からなり、ガス不透過性であるセパレータについて記載されているに過ぎず、ガス透過性が要求される多孔質電極基板に関する技術ではない。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 従って、本発明の目的は、ガス拡散性、電気伝導性、熱伝導性、機械的強度および耐電解液性に優れ、発電効率が低い燃料電池用電極基板及びその製造法を提供することにある。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成するため、本発明者らは、鋭意検討の結果、光学的異方性多孔質炭素微小粒状活性炭（以下、特に断わりがない限り、単に活性炭という）は、その比表面積及び細孔容積が大きく、触媒担持量を多くできること、規則的な層状構造を有し、電気伝導性が高いこと、活性炭自体で高いガス透過性を確保できること、さらに炭素繊維を併用することにより、より優れた特性を有する電極基板が得られることを見だし、本発明を完成した。

【0010】 すなわち、本発明は、活性炭と、炭化又は黒鉛化可能な結合剤との混合物が、圧縮成形され、かつ炭化又は黒鉛化処理された基板であって、前記活性炭が光学的異方性多孔質炭素微小粒状活性炭からなる燃料電池用電極基板を提供する。

【0011】 本発明は、光学的異方性多孔質炭素微小粒状活性炭100重量部に対して、炭化又は黒鉛化可能な結合剤20～500重量部、及び炭素繊維又は炭素繊維化可能な繊維0～500重量部を混合し、圧縮成形した後、炭化又は黒鉛化処理する燃料電池用電極基板の製造法を提供する。

【0012】 なお、本明細書において、炭化とは、炭素化可能な成分を、例えば、450～1500℃程度の温

度で焼成処理することを言う。黒鉛化とは、例えば、1500～2000℃程度の温度で焼成することを言い、黒鉛の結晶構造を有していないときでも黒鉛化の概念に含める。

【0013】前記活性炭は、従来の粉末状活性炭と比較して、著しく大きな比表面積及び細孔容積を有している。前記活性炭の比表面積は、通常500～4600m<sup>2</sup>/g、好ましくは1000～4600m<sup>2</sup>/g、さらには好ましくは2000～4600m<sup>2</sup>/g程度であり、全細孔容積は、通常0.5～3.0mL/g、好ましくは0.6～3.0mL/g、さらに好ましくは0.8～3.0mL/g程度である。活性炭の比表面積や全細孔容積が上記範囲未満であるときは、触媒の担持量が少なくなり、上記の範囲を越える場合には、電極基板の機械的強度が低下する場合がある。

【0014】活性炭の平均細孔径は、通常5～50オングストローム、好ましくは10～40オングストローム、さらに好ましくは20～30オングストロームである。50オングストローム未満の場合は細孔中に担持された金属粒子の触媒活性が十分に生かされず、また、50

オングストロームを越える場合には比表面積が小さくなり、発電効率が低下しやすい。

【0015】このような活性炭は、触媒担持能が極めて高く、電極基板による発電効率を高めることができる。

【0016】また、前記活性炭は炭素6員環網面が平行に積層した規則的な層状構造を有しているため、通常の活性炭に比べて、電気伝導度が高く、耐酸性を有する。活性炭は、クリーンパウダー状の活性炭であってもよいが、好ましくは、焼成した活性炭、例えば、炭化した活性炭、特に2000℃以上で黒鉛化処理した黒鉛化活

性炭である。黒鉛化活性炭は、導電性及び耐酸性が著しく高い。

【0017】さらに、前記活性炭は、それ自体で高いガス透過性を示す。

【0018】活性炭の粒径は、100μm以下、好ましくは80μm以下、さらに好ましくは5～30μm程度である。100μmを越える場合には、電極基板の成形性及び一体性が低下しやすい。

【0019】前記活性炭は、光学的異方性を示す多孔質炭素からなる微小粒状物でありは特に限定されないが、好ましくは賦活したメソカーボニマイクロヒーズである。

【0020】メソカーボニマイクロヒーズは、炭素6員環網面が平行に積層した直径2～80μm程度の光学的異方性を示す晶品であり、例えば、石油系又は石炭系ピッチを加熱して生成させ、これを単離することによって得ることができる。

【0021】メソカーボニマイクロヒーズは、そのまま賦活して活性炭とすることもできるが、表面に賦活助剤を付与して賦活し、活性炭とするのが好ましい。

【0022】賦活助剤としては、例えば、KOH、NaOH、CsOH、LiOH、CaCl2、H3PO4、K2S2O8、K2S等が例示され、これらの賦活助剤は少なくとも一種使用すればよい。賦活助剤の付与量は、メソカーボニマイクロヒーズ重量の1～10倍量程度とするのが好ましい。賦活の程度は、賦活助剤の付与量に臨比例するので、付与量により微小粒体の比表面積を調整することができる。なお、賦活助剤は、通常、液状で使用される。すなわちKOHなどの常温で固体の賦活助剤は水溶液の形態で使用され、H3PO4などの常温で液体の賦活助剤は、必ずしも水溶液とする必要はない。

【0023】また、メソカーボニマイクロヒーズ表面に対する賦活助剤の濡れ性を改善するため、アセトン、メチルアルコール、エチルアルコール等の表面活性剤を併用してもよい。表面活性剤の使用量は、通常、メソカーボニマイクロヒーズと賦活助剤又は賦活助剤を含む溶液との総量の5～10重量%程度とするのが好ましい。

【0024】賦活は、賦活助剤を付与し若しくは付与しないメソカーボニマイクロヒーズを適宜の温度、例えば、400～1200℃程度に昇温することにより行われる。昇温速度および加熱保持時間は、特に限定されず、広い範囲で選択することができるが、通常、上記の温度範囲に到達後、直ちに冷却するか、同温度範囲内で最大3時間程度保持することにより行われる。

【0025】賦活時の雰囲気は、窒素、ヘリウム、アルゴンなどの不活性雰囲気であってもよい、水蒸気、一酸化炭素、酸素などが存在する酸化性雰囲気であってもよい。不活性雰囲気中で賦活すると収率がより高くなる。

【0026】不活性雰囲気中で賦活するには、賦活助剤を使用して、通常、昇温速度300～600℃/時間程度で温度400～1200℃程度に加熱し、同温度で30分乃至1時間程度保持するのが好ましい。

【0027】酸化性雰囲気中で賦活する場合、通常、賦活助剤は不要であるが、併用してもよい。賦活助剤を使用せずに賦活する場合、通常、600～900℃程度の温度に、賦活助剤を併用して賦活する場合、通常、300～900℃程度の温度に、昇温速度300～600℃/時間程度で加熱し、同温度で2～3時間程度保持するのが好ましい。なお、賦活助剤を使用する場合、突沸する場合があるので留意する必要がある。

【0028】なお、賦活助剤の種類に応じて最適賦活温度が存在している。最適賦活温度は、例えば、KOH、K2S2O8及びK2Sの場合、800～1000℃程度、NaOH及びCaCl2の場合、600℃程度、LiOHの場合、450℃程度である。

【0029】賦活を終えたメソカーボニマイクロヒーズを室温まで冷却した後、必要に応じて水洗により未反応の賦活助剤および賦活助剤反応物を除去し、乾燥することにより、活性炭が得られる。

【0030】上記賦活助剤は、メソカーボニマイクロヒ

中の炭素の酸化によるガス化を促進するものと推測される。すなわち、賦活助剤が、メソカーボンマイクロビーズを構成する炭素が周囲網面の炭素原子と反応し、生成した一酸化炭素または二酸化炭素が系外に排出されるものと推測される。

【0031】また不活性雰囲気中で賦活する場合、反応に関与しなかった部分は炭素化が進むので、反応部分と未反応部分との構造上の差異が大きくなり細孔が形成される。この場合、メソカーボンマイクロビーズが規則的な層状構造を有している。また反応雰囲気が、不活性雰囲気である場合、表面ガス反応の逆反応が高くなり、収率も著しく高くなる。

【0032】なお、賦活助剤と炭素との反応は、非常に激しく進行するので、メソカーボンマイクロビーズに代えて炭素繊維を用い、上記と同様に賦活すると、その形状は原形をとどめない程度に変形しかつ強度も著しく低下する。一方、メソカーボンマイクロビーズの場合には、賦活後も、その球状の形状が略維持されており、強度の著しい低下は認められない。

【0033】上記のようにして得られた活性炭は、原料として使用するメソカーボンマイクロビーズとほぼ同一の形状を有しており、先学的に異方性であり、全体の90%以上が粒径80 $\mu$ m以下の粒子からなる。

【0034】本発明における結合剤としては、炭化又は黒鉛化可能な結合剤であれば特に限定されず、例えば、フェノール樹脂、フラン樹脂、エポキシ樹脂などの熱硬化性樹脂；ポリメタクリロニトリルなどの熱可塑性樹脂；石炭又は石油コークスなどが使用できる。これらのうち、熱硬化性樹脂は、炭化又は黒鉛化により、電極基板の曲げ強度を高め、熱伝導性及び電気伝導性を高めるために好ましい。このような熱硬化性樹脂としては、例えばエポキシ（株）製、商品名「エポキシケム」、鐘紡（株）製、商品名「ヘルパール」などのフェノール樹脂が挙げられる。

【0035】結合剤は、溶液状であってもよいが、好ましくは粉状又は顆粒状のものである。

【0036】炭化又は黒鉛化した結合剤を含むことにより、曲げ強度など機械的強度が高く、成形性に優れ一体化した電極基板となり得る。また、結合剤が熱硬化性樹脂の小粒子である場合には、直裂の欠けがなく、より成形性に優れた基板となる。

【0037】活性炭と炭化又は黒鉛化した結合剤との割合は、基板状に一体化できる範囲、例えば、活性炭：結合剤＝98：2～25：75（重量%）の範囲で選択できると、好ましくは60：40～90：10（重量%）、さらに好ましくは70：30～90：10（重量%）程度である。活性炭の割合が60重量%未満の場合には、ガス透過性が低下し易く、90重量%を超える場合には、成形性が低下し易い。

【0038】本発明の電極基板は、炭素繊維を特に含ま

なくてもよいが、炭素繊維を含むのが好ましい。炭素繊維を含む場合には、電極基板のガス透過性、電気伝導性及び機械的強度がさらに向上する。

【0039】炭素繊維としては、例えば、ポリアクリロニトリル系繊維、フェノール樹脂系繊維、レーヨール系繊維、ビニル系繊維などの炭素繊維化可能な繊維を炭化又は黒鉛化した繊維が挙げられるが、好ましくはビニル系炭素繊維を炭化又は黒鉛化したものである。炭素繊維は一種または二種以上使用できる。

【0040】炭素繊維の含有量は、電気伝導度、ガス透過性、及び機械的強度を向上させることができる範囲、例えば、1重量%以上の範囲で適当に選択できる。炭素繊維を含む電極基板において、前記活性炭：炭化又は黒鉛化した結合剤：炭素繊維の割合は、10～90：5～50：10～80（重量%）、好ましくは10～50：5～30：30～60（重量%）、さらに好ましくは20～50：5～20：40～60（重量%）程度である。活性炭と結合剤との割合と特性との関係は前記と同様であり、炭素繊維の含有量が30重量%未満の場合には、ガス透過性、電気伝導度及び曲げ強度を向上させる効果が顕著に現れず、80重量%を超える場合には、発電効率が低下し易い。

【0041】本発明の燃料電池用電極基板は、次のような方法で製造できる。すなわち、活性炭、炭化又は黒鉛化可能な結合剤、及び炭素繊維又は炭素繊維化可能な繊維を混合し、圧縮成形した後、炭化又は黒鉛化処理する。

【0042】なお、炭素繊維化可能な繊維は、耐炭化処理又は不融化处理されていてもよい。耐炭化処理とは、ビニル系繊維以外の繊維を、例えば、酸素存在下、200～450℃程度の温度で加熱して分子間を結合させて焼成時の溶融を防止する処理を言う。不融化处理とは、例えば、ビニル系繊維を、酸素存在下、200～450℃程度の温度で加熱して表面に酸化物を形成し、焼成時の溶融を防止する処理を言う。

【0043】活性炭に対する、結合剤と炭素繊維又は炭素繊維化可能な繊維の割合は、前記電極基板の組成割合に対応させて選択できる。通常、結合剤の割合は、活性炭100重量部に対して20～500重量部、好ましくは30～150重量部であり、炭素繊維又は炭素繊維化可能な繊維の割合は、活性炭100重量部に対して0～500重量部、好ましくは80～300重量部である。結合剤の割合が20重量部未満では、圧縮成形により一体化した成形体が得られにくく、250重量部を越えると、ガス透過性及び発電効率が低下しやすしい。また、炭素繊維又は炭素繊維化可能な繊維の割合が500重量部を越える場合には、発電効率が低下しやすしい。

【0044】活性炭及び結合剤、又はこれらと炭素繊維又は炭素繊維化可能な繊維の混合物は、所望する電極基板の大きさ、厚さ及び形状に応じて、金型プレス又はロ

ラーによるプレス等の方法で加圧成形される。加圧成形は、成形板の均一性を高めるため加熱下で行うのが好ましい。加熱温度は、適当に選択できるが、通常、100～250℃程度である。成形圧は、例えば、30～750kgf/cm<sup>2</sup>、好ましくは50～500kgf/cm<sup>2</sup>程度である。

【0045】そして、得られた成形体を、炭化又は黒鉛化する焼成工程に供することにより、電極基板を得ることができる。前記活性炭が予め黒鉛化処理されている場合には、焼成温度は、結合剤部分に細孔が形成され、電気伝導性が発現し得る温度であるのが好ましく、通常800℃以上、好ましくは1000～2000℃程度である。前記活性炭が予め黒鉛化処理されていない場合は、この段階で黒鉛化処理してもよい。

【0046】黒鉛化処理した活性炭を用いると、この活性炭により、高いガス透過性、導電性および機械的強度を確保できる。また、炭素繊維、特に黒鉛化炭素繊維を用いる場合にも、高いガス透過性、導電性および機械的強度を確保できる。従って、工業的及び経済的に好ましい方法は、(1)黒鉛化処理した活性炭と、炭化又は黒鉛化可能な結合剤との混合物を圧縮成形し、炭化する方  
法、(2)黒鉛化処理した活性炭と、炭化又は黒鉛化可能な結合剤と、炭素繊維との混合物を圧縮成形し、炭化する  
方法である。

【0047】焼成は、通常、真空下又は不活性ガス雰囲気中で行われる。不活性ガスとしては、窒素、ヘリウム、アルゴン等が使用できる。

【0048】触媒が担持された電極基板は、前記活性炭に予め触媒を担持しておき、これを本発明の製造法の原料として用いることにより得られるが、前記活性炭及び結合剤等の混合物を圧縮成形した成形体の段階で、或いはこれを炭化又は黒鉛化処理した後、触媒を担持することによっても得ることができる。

【0049】触媒の担持は、通常の方法で行うことができる。例えば、前記活性炭等を、触媒となる金属、例えば白金の水溶性化合物（塩化白金酸の水溶液中など）に浸漬し、乾燥させた後、水素等によって還元処理することにより、触媒が担持された活性炭等を得ることができる。

【0050】

【発明の効果】本発明の電極基板は、規則的な層状構造を有し、大きな比表面積及び細孔容積を有する光学的異方性多孔質炭素微小粒状活性炭と、炭化又は黒鉛化した結合剤とを含むため、ガス透過性、電気伝導性、熱伝導性、機械的強度及び耐電解液性に優れ、燃料電池の単位容積当りの発電効率が極めて高い。炭素繊維を含む電極基板は、さらに優れたガス透過性、電気伝導性及び曲げ強度を示す。

【0051】また、本発明の製造法によれば、前記の如き優れた特性を有する電極基板を得ることができる。

【0052】

【実施例】以下に、実施例に基づいて本発明をより詳細に説明する。

【0053】実施例1

メソカーボナマイクロビーズ100重量部と、水酸化カリウム溶液1200重量部（水酸化カリウム400重量部及び水800重量部）との混合物に、アセトン50重量部を添加し、均一に混合して、スラリーとした。次いで、該スラリーを窒素ガス雰囲気下で室温から850℃まで10℃/分の昇温速度で加熱し、同温度で1時間保持して賦活した後、反応混合物を100℃以下に冷却し、水洗、乾燥して、光学的異方性多孔質微小粒状活性炭を得た。この活性炭の乾燥後の比表面積は2800m<sup>2</sup>/gであった。

【0054】この活性炭をアルゴン雰囲気下、2700℃で1分間処理して黒鉛化したものを、0.06M塩化白金酸水溶液に浸漬後、乾燥させ、水素気流中200℃で1時間保持することにより、還元された白金が担持された黒鉛化活性炭を得た。この黒鉛化活性炭100重量部に、フェノール樹脂ビーズ（ユニチカ（株）製、商品名「ユニハックス」）50重量部を加え、160℃の温度で、80kgf/cm<sup>2</sup>の圧力下、5分間予備成形した後、窒素雰囲気下1400℃で10分間炭化処理を施した。得られた電極基板の物性は、以下の通りであった。

【0055】ガス透過率：240ml/分・cm<sup>2</sup>・N<sub>2</sub>・1気圧

電気抵抗値：55mΩ・cm

曲げ強度：160kgf/cm<sup>2</sup>

比較例1

光学的異方性多孔質微小粒状活性炭の代わりに、市販の石炭系粉末活性炭（比表面積980m<sup>2</sup>/g）を用いる以外は、実施例1と同様な操作を行った。得られた電極基板の物性は、以下の通りであった。

【0056】ガス透過率：150ml/分・cm<sup>2</sup>・N<sub>2</sub>・1気圧

電気抵抗値：103mΩ・cm

曲げ強度：110kgf/cm<sup>2</sup>

実施例2

実施例1と同様にして得られた、白金触媒が担持された黒鉛化活性炭100重量部に、実施例1と同一のフェノール樹脂ビーズ70重量部及びピッチ系炭素繊維（（株）トソコ製）150重量部を加え、実施例1と同様の操作を施した。得られた電極基板の物性は、以下の通りであった。

【0057】ガス透過率：340ml/分・cm<sup>2</sup>・N<sub>2</sub>・1気圧

電気抵抗値：30mΩ・cm

曲げ強度：210kgf/cm<sup>2</sup>

比較例2

光学的異方性多孔質微小粒状活性炭の代わりに、市販の石炭系粉末活性炭（比表面積  $980 \text{ m}^2/\text{g}$ ）を用いる以外は、実施例2と同様な操作を行った。得られた電極基板の物性は、以下の通りであった。

【0058】ガス透過率： $16.0 \text{ ml}/\text{分} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{N}_2 \cdot 1 \text{ 気圧}$

電気抵抗値： $7.0 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$

曲げ強度： $15.0 \text{ kgf}/\text{cm}^2$